

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ В ПЛАСТОВЫХ ВЫРАБОТКАХ ШАХТЫ ИМЕНИ В.Д. ЯЛЕВСКОГО

А.В. Кучеренко¹, К.А. Филимонов², Д.В. Зорков², С.С. Цибаев²

¹ Шахта имени В.Д. Ялевского, АО «СУЭК-Кузбасс», с. Котино, Кемеровская обл., Россия

² Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева,
Кемерово, Россия, e-mail: fka.rmpi@kuzstu.ru

Аннотация: Представлено исследование проявлений горного давления в пластовых выработках пласта 52 шахты имени В.Д. Ялевского. Показано, что исследуемые подготовительные выработки, проведенные по мощному пласту, имеют ряд особенностей, обуславливающих актуальность исследования их устойчивости. Отмечается, что исследования выполняются как в выработках, испытавших влияние очистных работ, так и в новых выработках, не подвергшихся этому влиянию. Приводится краткое описание метода исследования, включающего в себя визуальное обследование горных выработок и элементов их крепи, инструментальные исследования приконтурного массива и теоретическое обоснование параметров горного давления. Зафиксированы следующие закономерности: горное давление наиболее интенсивно проявляется в боках штреков, проявления горного давления имеют положительную динамику во времени, после прохода очистного забоя увеличилась интенсивность проявлений в кровле. Были установлены следующие основные формы проявления горного давления, отрицательно влияющие на сохранность выработок в эксплуатационном состоянии: смещение кровли и почвы штрека, отжим угля с верхней части боков штреков с заходом в кровлю, обрушение кровли, отжим угля со средней и нижней части боков штреков в т.ч. ниже установленной крепи, послонный сдвиг угля в боках штреков. Приводится теоретическое обоснование проявлений горного давления и интерпретация результатов инструментальных исследований. В условиях высоких выработок минимальная плотность анкерной крепи, регламентируемая соответствующей инструкцией, не всегда обеспечивает устойчивость боков даже в выработках вне зоны влияния очистных работ.

Ключевые слова: целик, горное давление, напряженное состояние, смещение, устойчивость, отжим, обследование выработок, радарограмма, метод конечных элементов, влияние очистных работ.

Для цитирования: Кучеренко А. В., Филимонов К. А., Зорков Д. В., Цибаев С. С. Особенности проявления горного давления в пластовых выработках шахты имени В.Д. Ялевского. – 2020. – № 11. – С. 79–95. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-11-0-79-95.

Ground pressure-related phenomena in in-seam roadways in Yalovsky mine

A.V. Kucherenko¹, K.A. Filimonov², D.V. Zorkov², S.S. Tsiabaev²

¹ V.D. Yalovskogo mine, Kotino, Kemerovskaya oblast, Russia

² T. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russia,
e-mail: fka.rmpi@kuzstu.ru

Abstract: Ground pressure-related phenomena are investigated in in-seam roadways in Yalovsky mine. The test gateways driven in a thick seam show some instability features to be urgently analyzed. The research is carried out both in roadways exposed to longwall operation impact and in new unaffected headings. The research procedure includes visual inspection of mine openings and support, instrumental measurements in adjacent rock mass and theoretical justification of ground pressure parameters. The revealed ground pressure behavior shows that the ground pressure-related phenomena are the most intense in sidewalls in drifts, improve in the course of time and intensify in roof after advance of the longwall face. The identified ground pressure-related phenomena which affect operating conditions in mine openings are: movements of roof and floor rocks, coal sloughing at the top of sidewalls and in roof, roof collapse, coal sloughing in the middle and at the bottom of sidewalls, i.e. beneath the support installation, and layered displacement of coal in sidewalls. The ground pressure-related phenomena are theoretically justified, and the instrumental measurement data are interpreted. The minimum specified bolt density fails to ensure stability of sidewalls in high headings even out of influence zone of longwall operations.

Key words: pillar, ground pressure, stress state, displacement, stability, sloughing, mine inspection, radarogram, finite element method, longwall impact.

For citation: Kucherenko A.V., Filimonov K.A., Zorkov D.V., Tsibaev S.S. Ground pressure-related phenomena in in-seam roadways in Yalovsky mine. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(11):79-95. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-11-0-79-95.

Введение

Вопросы охраны подготовительных пластовых выработок довольно широко представлены в нормативной литературе и научных трудах [1–3 и др.]. Большинство исследований и рекомендаций относятся к охране выемочных выработок целиками на период отработки одного выемочного столба или сохранению выработок для повторного использования (преимущественно органическим рядом). Такие исследования ранее выполнялись для выработок, закрепленных рамными крепями, а в последние годы — и для анкерной крепи. Многообразие условий ведения горных работ на шахтах не всегда позволяет оценивать геомеханические процессы вокруг пластовых выработок с точки зрения общепринятых подходов.

Одним из нетипичных случаев, характерным для шахты имени В.Д. Ялевского, является поддержание штреков в целике, с обеих сторон которого находится выработанное пространство. Такие штреки

используются в качестве водо- и (или) газодренажных, а также в качестве конвейерных для выше и ниже отработываемых выемочных столбов. В целом, для этой шахты характерны следующие особенности эксплуатации пластовых выработок, обуславливающие актуальность исследования их устойчивости:

- поддержание охранными целиками пластовых выработок, дважды попавших в зону влияния очистных работ;
- необходимость поддержания выработок в зоне влияния очистных работ в течение длительного времени (до 10 лет);
- проектирование и проведение выработок, указанных в п. 2, производилось без учета необходимости длительного поддержания, такая необходимость возникла позже;
- выработки проведены по пласту мощностью до 5,5 м с оставлением пачки угля в почве;
- большая площадь поперечного сечения выработок ($S_{\text{сб}}$ до 22,2 м²);

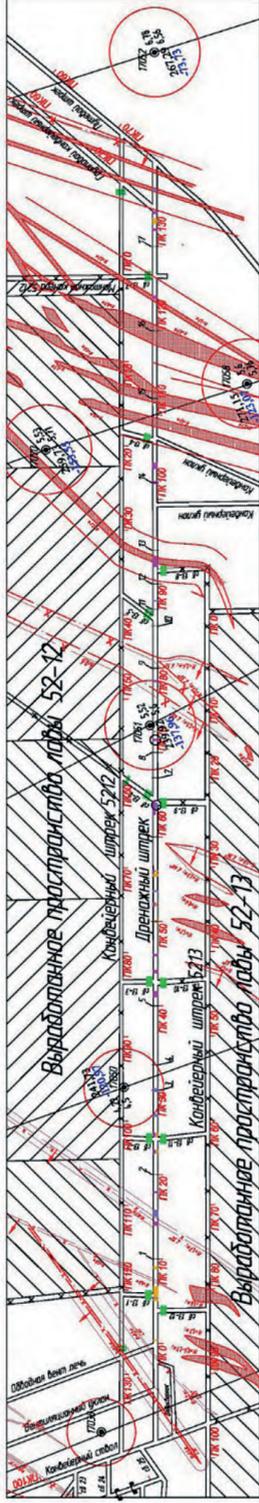


Рис. 1. Выкопировка из плана горных работ (ПГР) по пласту 52: дренажный штрек внутри целика шириной до 96 м
 Fig. 1. The extract from the mining plan (MP) for seam 52: a drainage roadway is inside the pillar up to 96 m wide

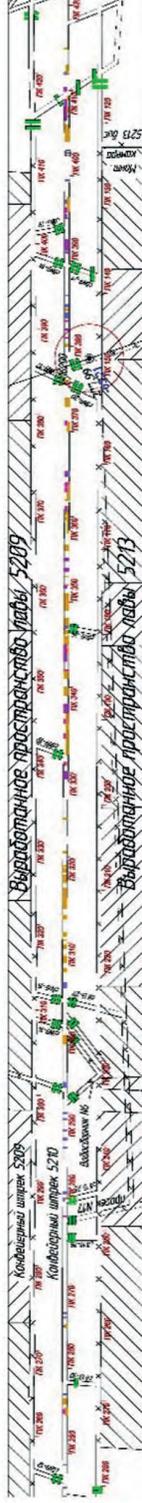


Рис. 2. Выкопировка из ПГР по пласту 52: конвейерный штрек 5210 внутри целика шириной до 72 м
 Fig. 2. The extract from the MP for seam 52: conveyor roadway 5210 is inside the pillar up to 72 m wide



Рис. 3. Выкопировка из ПГР по пласту 52: конвейерный штрек 5214 охраняется целиком шириной 35 м, вентиляционный штрек 5214 и конвейерный штрек 5215 вне зоны влияния очистных работ
 Fig. 3. The extract from the MP for seam 52: conveyor roadway 5214 is protected by the pillar 35 m wide; air roadway 5214 and conveyor roadway 5215 are beyond the zone of coal extraction influence

- выработки проведены по оси Соколовской синклинали или вблизи нее.

Исследования начались в 2017 г. На первом этапе проводилась оценка состояния двух штреков, дважды попавших в зону влияния очистных работ (рис. 1 и 2 [4]). По результатам исследования было установлено, что очистные работы влияют на состояние штреков, несмотря на охрану целиками. Были подготовлены рекомендации по поддержанию этих выработок в эксплуатационном состоянии. На момент начала исследований штреки уже эксплуатировались. Поэтому было затруднительно установить, все ли проявления горного давления являются результатом влияния очистных работ, или часть проявлений возникла до этого влияния по другим причинам.

В дальнейшем шахтой были подготовлены новые выемочные столбы 5214 и 5215. Исследования в трех выемочных выработках этих столбов начаты сразу после проведения штреков, до влияния на них очистных работ. В будущем это позволит получить более полную динамику проявлений горного давления относительно результатов для штреков, исследуемых с 2017 г., и установит основные факторы развития этих проявлений.

Параметры выработок и их крепи **Roadway parameters and support design**

Выработка	Длина <i>L</i> , м	Ширина <i>B</i> , мм	Высота <i>h</i> , мм	Площадь <i>S_{св}</i> , м ²	Параметры анкерной крепи	
					кровля	бока
Дренажный штрек	1400	5100	4000	19,9	6 анкеров А20В длиной 2,75м	3 анкера S60-23 длиной 1,8 м
Конвейерный штрек 5210	1810	5000	3700	18,2	6 анкеров А22В длиной 2,4м	2 анкера S60-23 длиной 1,6 м
Конвейерный штрек 5214	2400	5700	4000	22,2	7 анкеров А20В длиной 2,75м	3 анкера АКВ20 длиной 1,8 м
Конвейерный штрек 5215	2280	5200	4000	20,3	6 анкеров А20В длиной 2,75м	2 анкера АКВ20 длиной 1,8 м
Вентиляционный штрек 5214	2250					

Таким образом объектами исследования проявлений горного давления на следующем этапе стали следующие выработки, проведенные по пласту 52:

- дренажный штрек и конвейерный штрек 5210, поддерживаемые внутри целиков шириной до 96 и до 72 м соответственно (рис. 1 и 2);
- конвейерный штрек 5214, охраняется целиком шириной 35 м (штрек, образован путем расширения ранее пройденной выработки);
- вентиляционный штрек 5214 и конвейерный штрек 5215 (рис. 3), расположенные вне зоны влияния очистных работ (расстояние до выработанного пространства 435 м).

Параметры выработок и их крепи представлены в таблице и на рис. 4÷7. Расстояние между поперечными рядами анкеров в дренажном штреке — 1 м, в остальных выработках — 0,9 м.

Метод исследования

Исследование проявлений горного давления выполнялось методом, включающим в себя:

- визуальное обследование горных выработок и элементов их крепи;
- инструментальные исследования приконтурного массива;

- теоретическое обоснование параметров горного давления.

Основой данного метода являются натурные шахтные наблюдения — визуальное обследование горных выработок и элементов их крепи до, после и в период отработки соседних выемочных столбов. Обследование выработок проводилось по методике учитывающей требования инструкции [5] и включало в себя инструментальную оценку проявлений горного давления и деформаций элементов анкерной крепи путем измерений геометрии выработки, размеров вывалов пород из кровли, отжимов угля в боках, деформаций решетчатой затяжки и т.д. При анализе состояния штреков выделялись участки с проявлениями горного давления и проблемами эксплуатационного характера (демонтаж или повреждение крепи при бурении дегазационных скважин, обустройстве вентиляционных сооружений и т.д.).

Инструментальное обследование приконтурного массива включало в себя георадиолокационное и видеоэндоскопическое исследование кровли, исследование природной трещиноватости и прочностных свойств угольного пласта. Георадиолокационное исследование позволяет выявлять потенциально опасные участки штреков с нарушениями структуры кровли, которые еще не проявились в виде смещений пород в выработку. Радарограммы также являются источником, уточняющим исходные данные для теоретического обоснования параметров опорного давления. В настоящее время методика успешно используется на шахтах Кузбасса [6—9]. Видеоэндоскопическое исследование кровли позволяет получить визуальные данные о структуре пород кровли и оценить адекватность данных радарограмм.

В целом эти два метода дополняют друг друга. Исследование природной трещиноватости и прочностных свойств

угольного пласта выполнялись по классическим методикам с использованием горного компаса и пробника БУ-39 соответственно.

Теоретическое обоснование параметров горного давления включало в себя моделирование напряженно-деформированного состояния целиков угля с использованием классических положений геомеханики [10], а углепородного массива вблизи штреков — методом конечных элементов, который широко используется для решения горных задач [11—15].

Результаты исследования

Динамика проявлений горного давления в выработках, дважды попавших в зону влияния очистных работ, представлена на рис. 8 и 9. Общее состояние штреков с учетом протяженности участков, где зафиксировано повреждение или отсутствие элементов крепи без проявлений горного давления отражено на рис. 8. На рис. 9 представлена динамика изменения протяженности участков с проявлениями горного давления, зафиксированными за два года. Наблюдения в дренажном штреке начались через месяц после завершения отработки выемочного столба 52—13 вдоль трассы штрека. Начало отработки этого столба вдоль трассы конвейерного штрека 5210 показано красной линией.

Количественная оценка проявлений горного давления в трех остальных штреках за первый год эксплуатации представлена на рис. 10. Наиболее интенсивное проявление зафиксировано также в боках штреков.

- Анализ диаграмм на рис. 8, 9, 10 показывает следующее.

- горное давление наиболее интенсивно проявляется в боках штреков;

- изменение протяженности участков с проявлениями горного давления имеет положительную динамику во времени.

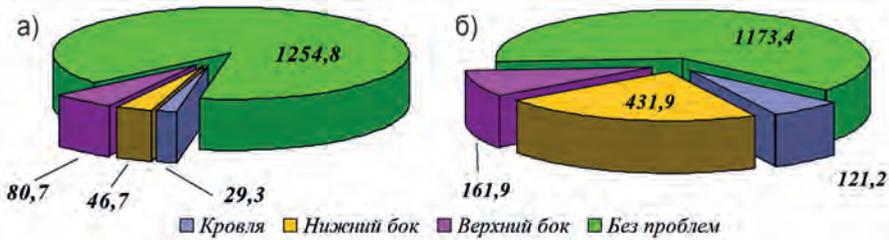


Рис. 8. Общая протяженность (в метрах) проблемных участков дренажного штрека (а) и конвейерного штрека 5210 (б)

Fig. 8. The total length (in meters) of problem areas of the drainage roadway (a) and conveyor roadway 5210 (б)

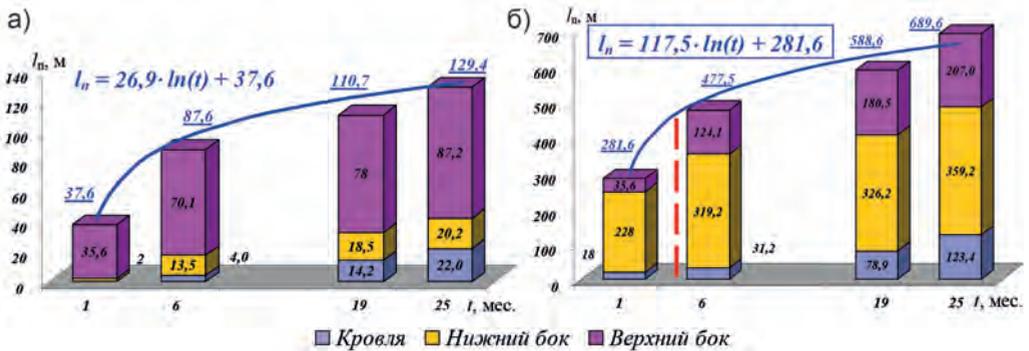


Рис. 9. Динамика изменения протяженности участков с проявлениями горного давления (в метрах) в дренажном штреке (а) и конвейерном штреке 5210 (б)

Fig. 9. Dynamics of rock pressure manifestations (in meters) in a drainage roadway (a) and conveyor roadway 5210 (б)

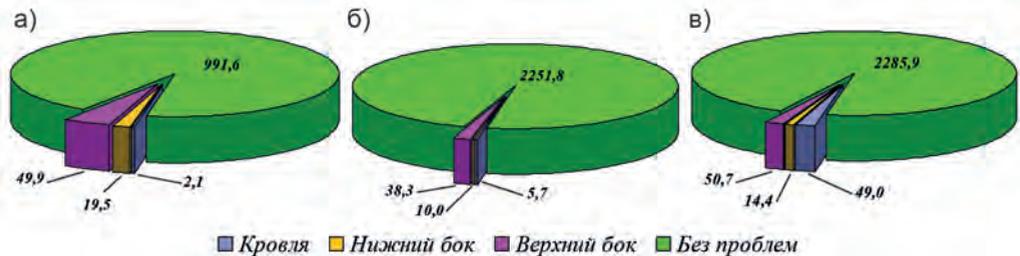


Рис. 10. Протяженность (в метрах) участков с проявлениями горного давления в конвейерном штреке 5214 (а), вентиляционном штреке 5214 (б) и конвейерном штреке 5215 (в) за первый год эксплуатации

Fig. 10. The length (in meters) of areas with rock pressure manifestations in conveyor roadway 5214 (a), air roadway 5214 (б) and conveyor roadway 5215 (в) after the first year of operation

- после прохода очистного забоя увеличилась интенсивность проявлений в кровле.

Интенсивность горного давления в боках характерна для выработок, испытавших влияние очистных работ и находящихся вне зоны влияния. Проявления

отмечены и до влияния очистных работ, и во время прохождения очистного забоя вдоль трассы штрека, и после завершения отработки выемочного столба. Проявления горного давления в кровле, которые при первых обследованиях штреков были единичные, увеличились пос-

ле прохождения очистных работ вдоль дренажного штрека и конвейерного штрека 5210.

Интерпретация полученных результатов

В результате двухлетних исследований были установлены следующие основные формы проявления горного давления, отрицательно влияющие на сохранность выработок в эксплуатационном состоянии:

- смещение кровли и почвы штрека;
- отжим угля с верхней части боков штреков с заходом в кровлю;
- обрушение кровли;
- отжим угля со средней и нижней части боков штреков в т.ч. ниже установленной крепи;
- послыйный сдвиг угля в боках штреков;

На большинстве участков с этими проявлениями горного давления фиксировалось повреждение элементов ан-

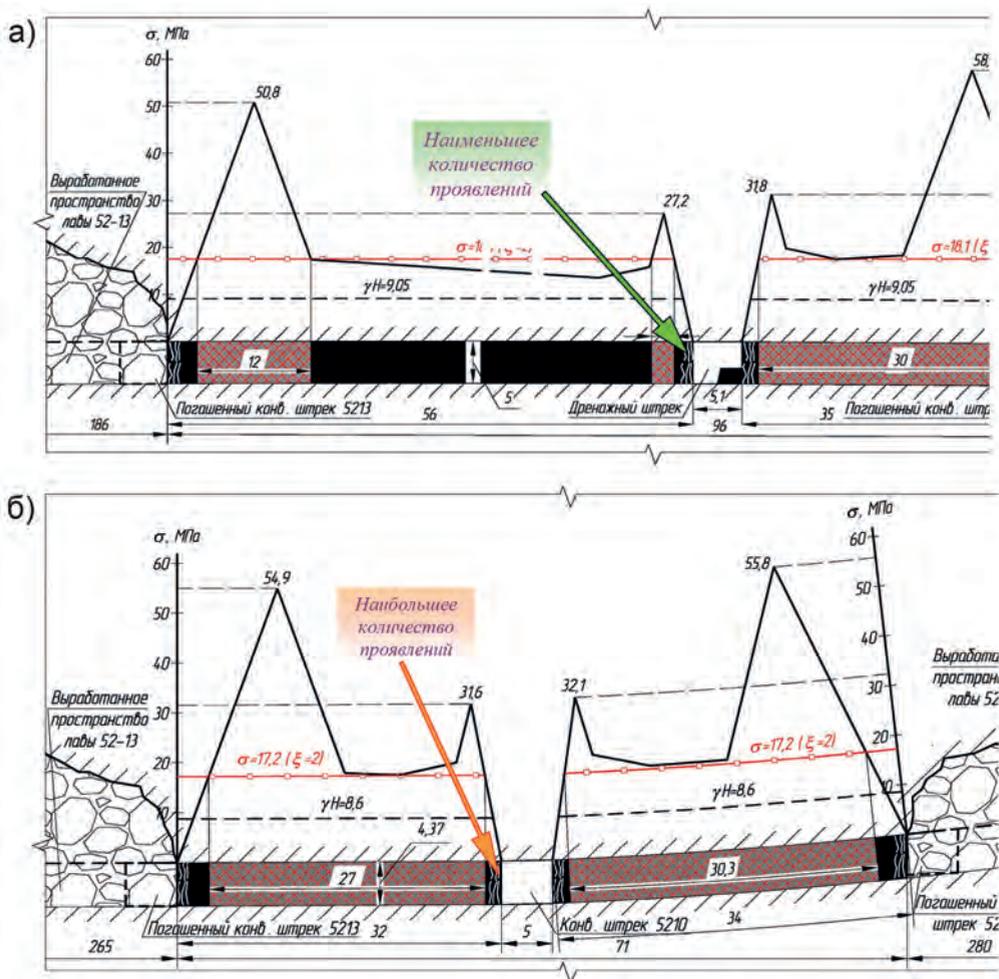
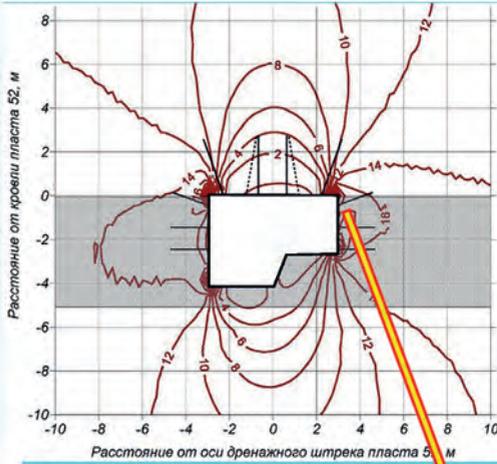


Рис. 11. Напряженное состояние целиков, охраняющих дренажный штрек (а) и конвейерный штрек 5210 (б)

Fig. 11. The tension of the pillars protecting the drainage roadway (a) and conveyor roadway 5210 (b)

а)



б)



в)



Рис. 12. Теоретическое обоснование проявления горного давления в виде смещения кровли и почвы штрека и отжима угля с верхней части боков штреков с заходом в кровлю: распределение вертикальных напряжений (МПа) в приконтурном массиве (а); алгоритм проявления опорного давления (б); пример отжима угля с верхней части бока штрека с заходом в кровлю (в)

Fig. 12. The theoretical basis of the rock pressure manifestation affecting roof and bottom displacement in the roadway and coal spalling from the top of the roadway sidewall spreading to the roof: a – distribution of vertical tension in a border rock massif; b – abutment pressure manifestation algorithm; v – an illustration of coal spalling from the top of the roadway sidewall spreading to the roof

керной крепи. Для придания выработкам проектных размеров и параметров крепления необходимо выполнять выпуск обрушенных пород, увеличивать высоту выработки, в т.ч. с поддиркой почвы, устанавливать новые элементы анкерной крепи в т.ч. крепь усиления второго уровня.

Смещение кровли и почвы и отжим с верхней части бока, в т.ч. с распространением в кровлю, являются характерными формами для штреков, дважды подвергшихся влиянию очистных работ. Сопоставление расчетных параметров опорного давления в целиках и фактического состояния штреков, зафиксированного при визуальных обследованиях, показывает взаимосвязь количества проявлений горного давления в боках штреков с напряженным состоянием целиков (рис. 11).

Высокое напряженное состояние в целиках способствует их частичному разрушению со снижением несущей способности, что в свою очередь, приводит к смещению кровли и почвы (рис. 12, б). Считаем, что в большей степени это проявляется в виде смещения слоев

кровли мощностью более глубины анкерования. Количественно долю смещения кровли и почвы в общей конвергенции предполагается установить на следующем этапе исследований.

Смещение кровли само по себе является негативным явлением. Высота штреков значительно уменьшилась на всем протяжении, а на ряде участках это значительно затруднило эксплуатацию выработки. Кроме того, смещение приводит к увеличению напряжений и снижению прочности углепородного массива вокруг штреков. Моделирование методом конечных элементов обозначило границу кровли и боков как участки с наибольшим потенциалом к разрушению (рис. 12, а). На рис. 12, в представлен пример такого проявления опорного давления.

Несмотря на то, что несущая способность кровельных анкеров во всех пяти штреках соответствует нормативным требованиям, на некоторых участках происходит обрушение кровли. Для установления причин обрушений было проведено исследование структуры кровли георадиолокационным и видеоэндо-

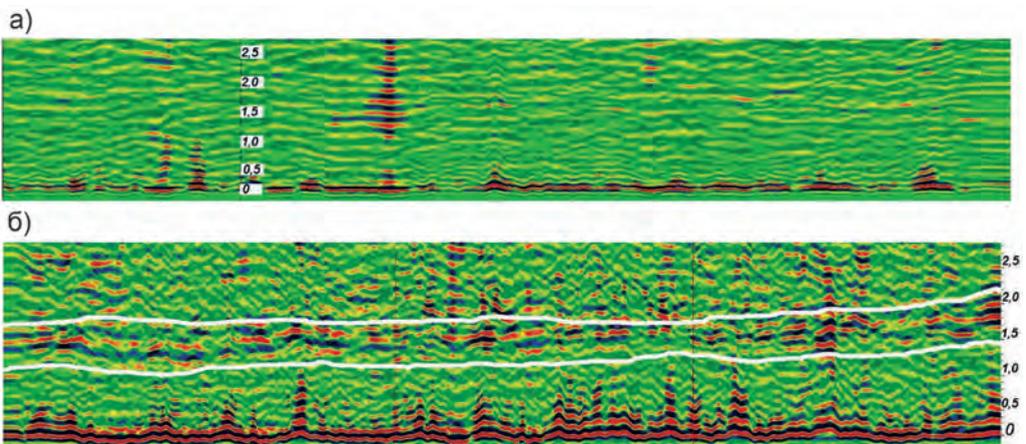


Рис. 13. Радарограмма кровли: однородная кровля (а); расслоение на глубине 1,5 м (находится между белыми линиями) (б)

Fig. 13. Roof radarogram: a – the roof is homogeneous; b – rock foliation is at the depth of 1.5 m (between white lines)

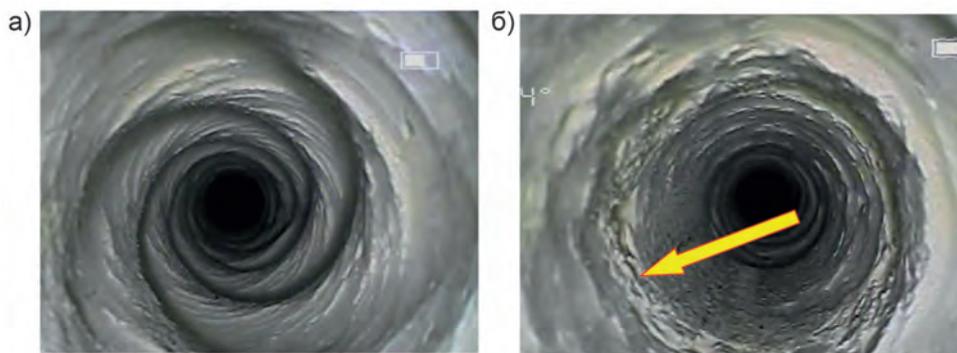


Рис. 14. Видеоэндоскопическое исследование кровли: однородная порода (а); расслоения пород, трещиноватость (б)

Fig. 14. Videoendoscopic research of the roof: a – homogeneous rock; b – rock foliation and fissuring

скопическим методом (рис. 13, 14), а также смоделирована остаточная прочность углепородного массива методом конечных элементов (рис. 15).

Результаты исследования интерпретируются следующим образом. В кровле штреков есть зоны расслоения (на радарграмме находится между двумя белыми кривыми) и разуплотнения. Область закрепления анкеров находится выше этих зон, анкера прочно закреплены. Но нижние слои заанкерванной толщи на некоторых участках обрушаются в выработку (рис. 16).

Проявления опорного давления в нижнем боку конвейерного штрека 5210 (со стороны выемочного столба 52 – 13) количественно на порядок больше проявлений в других штреках (рис. 8, б, рис. 11, б). Возникло предположение, что это может быть связано не только с меньшей шириной целика, охраняющего этот штрек. В данном штреке было проведено исследование природной трещиноватости и прочностных свойств угольного пласта. Установлено, что падение трещин по нижнему боку конвейерного штрека 5210 направлено в

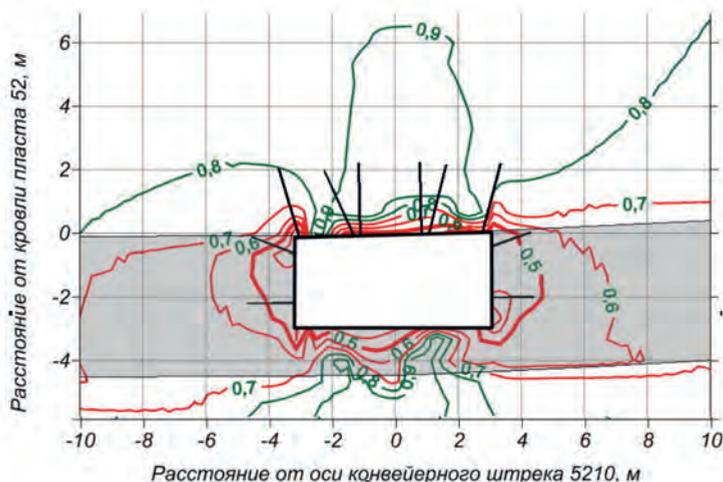


Рис. 15. Отношение остаточной прочности пород к исходной

Fig. 15. The ratio of residual rock strength to the initial



Рис. 16. Пример обрушения кровли (конвейерный штрек 5210)
 Fig. 16. The example of roof caving (conveyor roadway 5210)

выработки, а предел прочности на сжатие угля всего 7,3 МПа, что ниже прогнозного значений, представленного в паспорте проведения выработки. Это значение минимальное из всех пяти штреков. На рис. 17, а и б представлены

результаты исследования, а на рис. 17 в геомеханическая модель влияния трещиноватости на устойчивость нижнего бока. Повышенные напряжения в зоне опорного давления в краевой части целлика вызывают послойный сдвиг, а на-

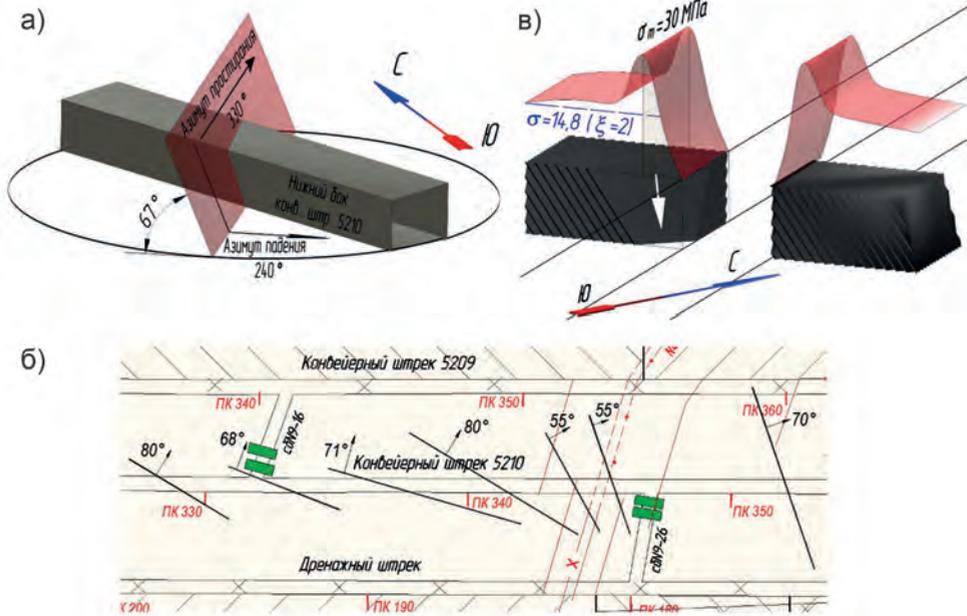


Рис. 17. Исследование параметров природной трещиноватости: 3D модель, построенная по средним параметрам (а); фрагмент выкопировки из ПГР пл. 52 с результатами исследования (б); геомеханическая модель влияния трещиноватости на устойчивость нижнего бока конвейерного штрека 5210 (в)

Fig. 17. The research of natural rock fissuring parameters: a – 3D model based on average parameters; b – fragment from the extract of MP for seam 52 with the results of the research; v – the geomechanical model of the effect of rock foliation on the lower sidewall stability of conveyor roadway 5210



Рис. 18. Примеры разрушения боков: образуются полости, уголь высыпается на почву выработки (а); анкера торчат на половину длины, нет контакта опорных элементов и решетчатой затяжки с боком (б)
 Fig. 18. Examples of destruction of sidewalls: a – cavities are formed; coal falls down to the roadway bottom; b – anchors stick out half the length, there is no contact between supporting elements and mesh and the sidewall

равление природной трещиноватости пласта способствует смещениям дезинтегрированных краевых участков пласта по нижнему боку в контур конвейерного штрека 5210.

В выработках, находящихся вне зоны влияния очистных работ (вентиляционный штрек 5214 и конвейерный штрек 5215), и по не перекрепленному боку конвейерного штрека 5214 характерным проявлением горного давления является отжим угля со средней и нижней части боков штреков в т.ч. ниже установленной крепи. Возраст выработок 1 год. При разрушение боков образуются полости ниже крепи, уголь высыпается на почву выработки (рис. 18, а), анкера торчат на половину длины, нет контакта опорных элементов и МРЗ с боком (рис. 18, б).

Было проведено георадиолокационное исследование боков штреков. На большинстве радарограмм зафиксировано расслоение на глубине от 1 до 3 м (рис. 19). Присутствует выход трещин отслоения в выработку.

Заключение

В целом, результаты исследования отражены в следующем заключении:

1. При расчете параметров крепления пластовых штреков в зоне влияния очистных работ со сроком службы более 3 лет необходимо учитывать структурно-текстурные факторы угольного пласта и вмещающих пород, а также фактические параметры охраняемых целиков.
2. Параметры целиков, охраняющих пластовые выработки с большим хро-

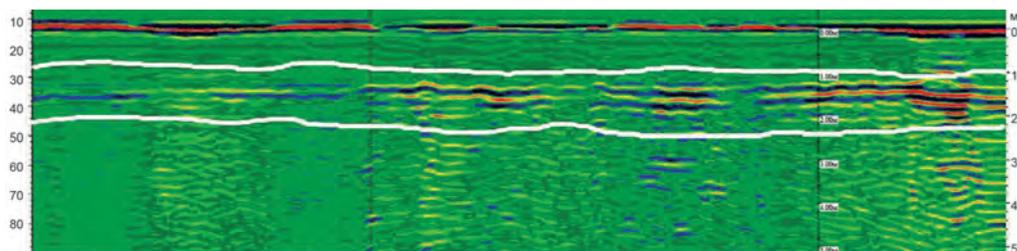


Рис. 19. Радарограмма бока конвейерного штрека 5215: расслоение на глубине 1,4 м (находится между белыми линиями)
 Fig. 19. Radarogram of the conveyor roadway 5215 sidewall: exfoliation at the depth of 1.4 m (between white lines)

ком службы от влияния очистных работ, должны проектироваться с учетом реологического фактора.

3. Минимально допустимая плотность установки анкерной крепи (по инструкции [5]) в высоких выработках

($H > 3,5$ м) не всегда обеспечивает устойчивость боков. Необходимо исследовать параметры зон деструкции углеродного массива вокруг пластовых выработок высотой $H > 3,5$ м и площадью в свету $S_{cb} > 18$ м².

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию выработок на угольных шахтах. — Ленинград: ВНИМИ, 1986. — 218 с.

2. Овчаренко Г.В. Совершенствование технологических схем охраны повторно используемых подготовительных выработок // Записки Горного института. — 2013. — Т. 205. — С. 54—56.

3. Штумпф Г.Г., Егоров П.В., Петров А.И., Красильников Б.В. Горное давление в подготовительных выработках угольных шахт. — М.: Недра, 1996. — 351 с.

4. Филимонов К.А., Ренев А.А., Кучеренко А.В., Гречишкин П.В. Исследование влияния очистных работ на состояние штреков, поддерживаемых в целиках в условиях шахты «им. В.Д. Ялевского» // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2019. — № 5. — С. 133—148. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-05-0-133-148.

5. Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах. Зарегистрировано в Минюсте России 19.02.2014 г. № 31354.

6. Калинин С.И., Пудов Е.Ю., Кузин Е.Г. Определения состояния кровли шахтовых выработок методом георадиолокации и ультразвукового каротажа / Перспективы инновационного развития угольных регионов России. Сборник трудов IV Международная научно-практическая конференция. — Прокопьевск, 2014. — С. 213—216.

7. Кавардаков А.А., Кузин Е.Г., Пудов Е.Ю. Опыт применения георадиолокации в условиях шахты Котинская для оценки состояния подготовительных горных выработок // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2016. — № 12. — С. 166—173.

8. Цибаев С.С., Ренев А.А., Калинин С.И., Зорков Д.В., Филимонов К.А. Результаты оценки влияния затопленных горных выработок на устойчивость анкерного крепления и деформации углеродного массива // Вестник КузГТУ. — 2018. — № 1. — С. 37—45. DOI: 10.26730/1999-4125-2018-1-37-45.

9. Renev A.A., Tsibaev S.S., Kalinin S.I. The evaluation of negative anthropogenic factors subjection on bolts stability and surrounding massif deformations / Proceedings of the 9th China-Russia Symposium «Coal in the 21st Century: Mining, Intelligent Equipment and Environment Protection» (COAL 2018). 2018. Vol. 176, pp. 361—366. DOI: 10.2991/coal-18.2018.67.

10. Петухов И.М., Линьков А.М., Сидоров В.С. и др. Расчетные методы в механике горных ударов и выбросов: Справочное пособие. — М.: Недра, 1992. — 256 с.

11. Фрянов В.Н., Петрова О.А., Петрова Т.В. РТО «Комплекс проблемно-ориентированных программ для моделирования формирования и распределения опасных зон в газоносном геомассиве» // Навигатор в мире науки и образования. — 2016. — № 4 (33). — С. 441—445.

12. Zhu W., Xu J., Xu G. Mechanism and control of roof fall and support failure incidents occurring near longwall recovery roadways // Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2017. Vol. 117. No 11. Pp. 1063—1072. DOI: 10.17159/2411-9717/2017/v117n11a11.

13. Karampinos E., Hadjigeorgiou J., Pierce M. Explicit representation of rock reinforcement in 3D DEM models for foliated ground // Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2018. Vol. 118. No 12. Pp. 1243—1250. DOI: 10.17159/2411-9717/2018/v118n12a2.

14. Phanthoudeth P., Sasaoka T., Shimada H., Ulaankhuu B., Oya J., Dwiki S., Karian T. Numerical study on roadway stability under weak geological condition of PT Gerbang Daya Mandiri underground coal mine in Indonesia // *GSTF Journal of Geological Sciences (JGS)*. 2016. Vol. 3. No 1. Pp. 15 – 23. DOI: 10.5176/2335-6774 3.1.26.
15. Guojun W., Weizhong C., Shanpo J., Xianjun T., Pengqiang Z., Hongming T., Chi R. Deformation characteristics of a roadway in steeply inclined formations and its improved support // *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2020. Vol. 130. Article 104324. DOI: 10.1016/j.ijrmms.2020.104324. **MIAB**

REFERENCES

1. *Ukazaniya po ratsional'nomu raspolozheniyu, okhrane i podderzhaniyu vyrabotok na ugol'nykh shakhtakh* [Guidelines for the rational location, protection and maintenance of workings in coal mines], Leningrad, VNIMI, 1986. 218 p. [In Russ].
2. Ovcharenko G. V. Improvement of technological schemes of development of reusable development workings. *Journal of Mining Institute*. 2013, vol. 205, pp. 54 – 56. [In Russ].
3. Shtumpf G. G., Egorov P. V., Petrov A. I., Krasil'nikov B. V. *Gornoe davlenie v podgotovitel'nykh vyrabotkakh ugol'nykh shakht* [The rock pressure in development workings in coal mines], Moscow, Nedra, 1996, 351 p.
4. Filimonov K. A., Renev A. A., Kucherenko A. V., Grechishkin P. V. Influence of longwalling on reinforced roadways in pillars in Yalovsky Mine. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019, no 5, pp. 133 – 148. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-05-0-133-148.
5. *Instruktsiya po raschetu i primeneniyu ankernoï krepï na ugol'nykh shakhtakh. Zaregistrovano v Minyuste Rossii 19.02.2014 No 31354* [The instructions for anchoring calculation and application in coal mines]. Registered by Ministry of Justice of Russia 19.02.2014 No 31354. [In Russ].
6. Kalinin S. I., Pudov E. Yu., Kuzin E. G. The determination of the mine workings roof state by ground-penetrating radar and ultrasonic methods. *Perspektivy innovatsionnogo razvitiya ugol'nykh regionov Rossii. Sbornik trudov. IV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya* [Prospects for innovative development of Russian coal regions. Proceedings of the IV international scientific and practical conference], Prokopyevsk, 2014, pp. 213 – 216.
7. Kavardakov A. A., Kuzin E. G., Pudov E. Yu. Experience of using GPR in the mine Kotinskaja to assess condition of preparatory mine workings. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2016, no 12, pp. 166 – 173. [In Russ].
8. Tsibaev S. S., Renev A. A., Kalinin S. I., Zorkov D. V., Filimonov K. A. Evaluation of the effect of flooding the mine workings with water on bolts stability and on deformations of coal and rock strata. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2018, no 1, pp. 37 – 45. [In Russ]. DOI: 10.26730/1999-4125-2018-1-37-45.
9. Renev A. A., Tsibaev S. S., Kalinin S. I. The evaluation of negative anthropogenic factors of subjection on bolts stability and surrounding massif deformations. *Proceedings of the 9th China-Russia Symposium «Coal in the 21st Century: Mining, Intelligent Equipment and Environment Protection» (COAL 2018)*. 2018. Vol. 176, pp. 361 – 366. DOI: 10.2991/coal-18.2018.67.
10. Petukhov I. M., Lin'kov A. M., Sidorov V. S. *Raschetnye metody v mekhanike gornykh udarov i vybrosov*. Spravochnoe posobie [Calculation methods in the rock burst and gas emission mechanics. Reference aid], Moscow, Nedra, 1992, 256 p.
11. Fryanov V. N., Petrova O. A., Petrova T. V. Adtechnical specification «The problem-oriented programs complex for simulation of formation and distribution of hazardous areas in gas-bearing geomassive». *Navigator v mire nauki i obrazovaniya*. 2016, no 4 (33), pp. 441 – 445. [In Russ].
12. Zhu W., Xu J., Xu G. Mechanism and control of roof fall and support failure incidents occurring near longwall recovery roadways. *Journal of the Southern African Institute of Min-*

ing and Metallurgy. 2017. Vol. 117. No 11. Pp. 1063–1072. DOI: 10.17159/2411-9717/2017/v117n11a11.

13. Karampinos E., Hadjigeorgiou J., Pierce M. Explicit representation of rock reinforcement in 3D DEM models for foliated ground. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. 2018. Vol. 118. No 12. Pp. 1243–1250. DOI: 10.17159/2411-9717/2018/v118n12a2.

14. Phanthoudeth P., Sasaoka T., Shimada H., Ulaankhuu B., Oya J., Dwiki S., Karian T. Numerical study on roadway stability under weak geological condition of PT Gerbang Daya Mandiri underground coal mine in Indonesia. *GSTF Journal of Geological Sciences (JGS)*. 2016. Vol. 3. No 1. Pp. 15–23. DOI: 10.5176/2335-6774 3.1.26.

15. Guojun W., Weizhong C., Shanpo J., Xianjun T., Pengqiang Z., Hongming T., Chi R. Deformation characteristics of a roadway in steeply inclined formations and its improved support. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2020. Vol. 130. Article 104324. DOI: 10.1016/j.ijrmms.2020.104324.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кучеренко Александр Викторович – главный технолог,
Шахта имени В.Д. Ялевского, АО «СУЭК-Кузбасс»,
*Филимонов Константин Александрович*¹ – канд. техн. наук,
доцент, e-mail: fka.rmpi@kuzstu.ru,

*Зорков Данил Викторович*¹ – канд. техн. наук, доцент,
e-mail: zorkovdv@kuzstu.ru,

*Цибаев Сергей Сергеевич*¹ – старший преподаватель,
e-mail: cibaevss@kuzstu.ru,

¹ Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева.

Для контактов: Филимонов К.А., e-mail: fka.rmpi@kuzstu.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

A.V. Kucherenko, Chief Process Engineer,

V.D. Yalvskogo mine, Kotino,

Kemerovskaya oblast, 652207, Russia,

*K.A. Filimonov*¹, Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor,

e-mail: fka.rmpi@kuzstu.ru,

*D.V. Zorkov*¹, Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor,

e-mail: zorkovdv@kuzstu.ru,

*S.S. Tsibaev*¹, Senior Lecturer, e-mail: cibaevss@kuzstu.ru,

¹ T. Gorbachev Kuzbass State Technical University,
650000, Kemerovo, Russia.

Corresponding author: K.A. Filimonov, e-mail: fka.rmpi@kuzstu.ru.

Получена редакцией 24.04.2020; получена после рецензии 14.09.2020; принята к печати 10.10.2020.

Received by the editors 24.04.2020; received after the review 14.09.2020; accepted for printing 10.10.2020.

